

## РОЗРАХУНОК ВЕРТИКАЛЬНИХ ҐРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ

член-кор. НАН України Басок Б.І., с.н.с. Бєляєва Т.Г.,  
н.с. Кужель Л.М., с.н.с. Хибина М.А.

Метою роботи було дослідження теплообміну при течії нагрітого теплоносія в вертикальному ґрунтовому теплообміннику та розрахунок процесу теплообміну в системі «вертикальний теплообмінник - ґрунт». Розрахунок проводився шляхом чисельного моделювання спряженої плоскої задачі з використанням програмного пакету Phoenix.

Задача вирішувалася для вертикальних свердловинних теплообмінників двох типів: U-подібного, який занурено в свердловину глибиною 25 м і теплообмінника коаксіального типу, розміщеного в свердловині глибиною 300 м. Для розрахунку динаміки руху теплоносія в теплообміннику і процесів теплопровідності в ґрунтовому масиві використовувалася стандартна  $k$ - $\varepsilon$ - модель турбулентності в декартових координатах для U-подібного теплообмінника і в циліндричних – для коаксіального.

Моделювався процес акумулювання та вилучення теплоти за допомогою U-подібного вертикального теплообмінника, виготовленого з полімерної труби зовнішнім діаметром 32 мм, товщиною 4 мм. В якості теплоносія використовувалася вода, швидкість якої на вході в теплообмінник варіювалася в межах 0,1-1,0 м/с. Температура теплоносія на вході в теплообмінник приймалася 50 °С при акумулюванні теплоти і 10 °С при вилученні раніш акумульованої теплоти. В результаті розрахунків отримано зміну температури ґрунту впродовж шести місяців акумулювання теплоти та вилучення накопиченої теплоти протягом шести місяців. Дослідження показали, що при акумулюванні найбільш повне спрацьовування температурного потенціалу теплоносія відбувається при швидкості теплоносія 0,1 м/с. При вилученні теплоти при такій же швидкості можна отримати теплоносій на виході з теплообмінника з найбільш високою температурою.

Розглянуто задачу можливого високотемпературного ґрунтового акумулювання теплоти вертикальним теплообмінником коаксіального типу, який складається з зовнішньої сталевий труби діаметром 220 мм і товщиною стінки 5 мм і внутрішньої поліуретановий труби діаметром 150 мм. Температура теплоносія (води) задавалася 90 °С. Режим руху ламінарний, що було визначено розрахунками чисел Рейнольдса.

В результаті розрахунків були отримані поля розподілу тиску, швидкостей, температури для кожної області системи теплообмінник-ґрунт, а також визначені швидкості теплоносія і середні температури на виході з теплообмінника і радіус розповсюдження теплоти в ґрунті

Результати були співставлені з даними розрахунків за допомогою аналітичних виразів і показали достатнє узгодження.

# THE CALCULATION OF VERTICAL GROUND HEAT EXCHANGERS

**Basok B., Belyaeva T., Kuzhel L., Khibina M.**

The study of heat transfer during the flow of a heated coolant in a vertical ground heat exchanger and calculation of the heat exchange process in the "vertical heat exchanger-soil" system is the goal of the work. The calculation was carried out by solving a flat conjugate problem using a software package Phoenix.

The problem was solved for two types of vertical borehole heat exchangers: a U-shaped exchanger, in well, 25 m deep and coaxial-type heat exchanger located in a well 300 m deep. Calculation of the dynamics of the heat carrier flow in the heat exchanger and heat conduction processes in the ground was carried out using the standard  $k$ - $\varepsilon$ -model of turbulence. The calculation of the U-shaped heat exchanger was carried out in a Cartesian coordinate system, coaxial - in a cylindrical system.

The modeling of the process of accumulation and the extraction of heat by a U-shaped heat exchanger is carried out. The heat exchanger was made of a polymer pipe with an outer diameter of 32 mm and a thickness of 4 mm. The heat transfer agent was water. The speed of the water at the inlet to the heat exchanger varied within about 0.1-1.0 m / s. The temperature of the heat transfer agent at the inlet to the heat exchanger was taken as 50 °C with accumulate and 10 °C when the previously accumulated heat was extracted. The change in temperature in the ground during the accumulation of heat and during the extraction of accumulated heat was received. Studies have shown that, when accumulating, the temperature potential of the heat transfer agent is most fully used at rate of 0.1 m / s. When the heat is extracted at the same speed, the heat transfer agent will have the highest temperature.

The problem of possible high-temperature accumulation of heat of ground by a vertical co-axial heat exchanger is considered. The heat exchanger consists of an outer steel pipe with a diameter of 220 mm and a wall thickness of 5 mm and an inner polyurethane pipe with a diameter of 150 mm. The temperature of the the heat transfer agent (water) was set 90 °C. The mode of motion of the the heat transfer agent was laminar, as determined by calculations of the Reynolds number. Because of the calculations, pressure distribution fields, velocities, and temperatures were obtained for each region of the heat exchanger-ground system. The velocities of the heat carrier and the average temperatures at the outlet from the heat exchanger and the radius of propagation of heat in the ground are determined.

The results of the studies were compared with the calculations on the analytical models, and they showed a satisfactory matching.